

<p>(51) 国際特許分類6 H01L 41/09, 41/24</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO99/01901</p> <p>(43) 国際公開日 1999年1月14日(14.01.99)</p>		
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/02991</p> <p>(22) 国際出願日 1998年7月2日(02.07.98)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平9/179599 1997年7月4日(04.07.97)</p> <p>(71) 出願人(米国を除くすべての指定国について) 株式会社 東海理化電機製作所(KABUSHIKI KAISHA TOKAI RIKA DENKI SEISAKUSHO)[JP/JP] 〒480-0195 愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地 Aichi, (JP)</p> <p>(71) 出願人; および</p> <p>(72) 発明者 福田敏男(FUKUDA, Toshio)[JP/JP] 〒461-0042 愛知県名古屋市中区矢田町2丁目66番地 Aichi, (JP)</p> <p>新井史人(ARAI, Fumihito)[JP/JP] 〒464-0852 愛知県名古屋市中区千種区青柳町6丁目5番地の1 Aichi, (JP)</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>(72) 発明者; および</p> <p>(75) 発明者/出願人(米国についてのみ) 岩田 仁(IWATA, Hitoshi)[JP/JP] 糸魚川貢一(ITOIGAWA, Koichi)[JP/JP] 〒480-0195 愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地 株式会社 東海理化電機製作所内 Aichi, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 恩田博宣(ONDA, Hironori) 〒500-8731 岐阜県岐阜市大宮町2丁目12番地の1 Gifu, (JP)</p> <p>(81) 指定国 US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p> </td> </tr> </table>			<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/02991</p> <p>(22) 国際出願日 1998年7月2日(02.07.98)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平9/179599 1997年7月4日(04.07.97)</p> <p>(71) 出願人(米国を除くすべての指定国について) 株式会社 東海理化電機製作所(KABUSHIKI KAISHA TOKAI RIKA DENKI SEISAKUSHO)[JP/JP] 〒480-0195 愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地 Aichi, (JP)</p> <p>(71) 出願人; および</p> <p>(72) 発明者 福田敏男(FUKUDA, Toshio)[JP/JP] 〒461-0042 愛知県名古屋市中区矢田町2丁目66番地 Aichi, (JP)</p> <p>新井史人(ARAI, Fumihito)[JP/JP] 〒464-0852 愛知県名古屋市中区千種区青柳町6丁目5番地の1 Aichi, (JP)</p>	<p>(72) 発明者; および</p> <p>(75) 発明者/出願人(米国についてのみ) 岩田 仁(IWATA, Hitoshi)[JP/JP] 糸魚川貢一(ITOIGAWA, Koichi)[JP/JP] 〒480-0195 愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地 株式会社 東海理化電機製作所内 Aichi, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 恩田博宣(ONDA, Hironori) 〒500-8731 岐阜県岐阜市大宮町2丁目12番地の1 Gifu, (JP)</p> <p>(81) 指定国 US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/02991</p> <p>(22) 国際出願日 1998年7月2日(02.07.98)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平9/179599 1997年7月4日(04.07.97)</p> <p>(71) 出願人(米国を除くすべての指定国について) 株式会社 東海理化電機製作所(KABUSHIKI KAISHA TOKAI RIKA DENKI SEISAKUSHO)[JP/JP] 〒480-0195 愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地 Aichi, (JP)</p> <p>(71) 出願人; および</p> <p>(72) 発明者 福田敏男(FUKUDA, Toshio)[JP/JP] 〒461-0042 愛知県名古屋市中区矢田町2丁目66番地 Aichi, (JP)</p> <p>新井史人(ARAI, Fumihito)[JP/JP] 〒464-0852 愛知県名古屋市中区千種区青柳町6丁目5番地の1 Aichi, (JP)</p>	<p>(72) 発明者; および</p> <p>(75) 発明者/出願人(米国についてのみ) 岩田 仁(IWATA, Hitoshi)[JP/JP] 糸魚川貢一(ITOIGAWA, Koichi)[JP/JP] 〒480-0195 愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地 株式会社 東海理化電機製作所内 Aichi, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 恩田博宣(ONDA, Hironori) 〒500-8731 岐阜県岐阜市大宮町2丁目12番地の1 Gifu, (JP)</p> <p>(81) 指定国 US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>			
<p>(54) Title: PARALLEL PLATE STRUCTURE PROVIDED WITH PZT THIN-FILM BIMORPH AND METHOD OF FABRICATION THEREOF</p> <p>(54) 発明の名称 PZT薄膜バイモルフを備える平行板構造体、及びその製造方法</p> <p>(57) Abstract</p> <p>A parallel plate structure (1) is provided with a pair of bimorph piezoelectric elements (2) and prismatic insulation spacers (3) inserted between the piezoelectric elements (2) at the upper and lower ends thereof for cementing the piezoelectric elements (2) together via the spacers (3). Each piezoelectric element (2) comprises a planar base material (4) of titanium, PZT thin films (5) formed on both sides of the base material (4) by the hydrothermal method, and electrode films (6) formed on the PZT thin films (5). The base material (4) is 20 μm thick and the PZT thin films (5) are several μm thick, while the aluminum electrode films (6) are several μm thick.</p> <div style="text-align: center;"> <p>a ... Direction of displacement</p> </div>				

(57)要約

平行板構造体 1 は、一对のバイモルフからなる圧電素子 (2) と、同圧電素子 (2) 間の上下両端に配置された角柱状の絶縁スペーサ (3) とを備える。圧電素子 (2) は、絶縁スペーサ (3) により互いに固着されている。圧電素子 (2) は、チタンからなる平板状の基材 (4) と、同基材 (4) の両面に水熱法を用いて形成された P Z T 薄膜 (5) と、同 P Z T 薄膜 (5) 上に形成された電極膜 (6) とを含む。基材 (4) は 20 μ m の厚みを有し、P Z T 薄膜 (5) は数 μ m の厚みを有し、アルミニウムからなる電極膜 (6) は数 μ m の厚みを有する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SI	スロヴェニア
AM	アルメニア	FR	フランス	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AT	オーストリア	GA	ガボン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AU	オーストラリア	GB	英国	LT	リトアニア	SN	セネガル
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BG	ブルガリア	CW	ギニア・ビサウ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ		共和国	TT	トリニダード・トバゴ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	ML	マリ	UA	ウクライナ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UG	ウガンダ
CA	カナダ	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	US	米国
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UZ	ウズベキスタン
CG	コンゴ	IL	イスラエル	MX	メキシコ	VN	ヴェトナム
CH	スイス	IN	インド	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラビア
CI	コートジボアール	IS	アイスランド	NL	オランダ	ZW	ジンバブエ
CM	カメルーン	IT	イタリア	NO	ノルウェー		
CN	中国	JPE	日本	NZ	ニュージーランド		
CU	キューバ	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CY	キプロス	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
CZ	チェッコ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DE	ドイツ	KR	韓国	RU	ロシア		
DK	デンマーク	KZ	カザフスタン	SD	スーダン		
EE	エストニア	LC	セントルシア	SE	スウェーデン		
ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール		

明細書

P Z T 薄膜バイモルフを備える平行板構造体、及びその製造方法

技術分野

本発明はP Z T (lead (Pb) Zirconate Titanate) 薄膜バイモルフを備える平行板構造体、及びその製造方法に係り、より詳しくは圧電アクチュエータとして使用される構造体に関する。

背景技術

従来から、板状の基材と、同基材の表裏両面に形成された圧電素子として2枚のP Z T (ジルコン・チタン酸鉛：チタン酸鉛およびジルコン酸鉛の固溶体からなるセラミックス) 素子と、各P Z T素子上に形成された電極とからなるバイモルフ (Bimorph) が知られている。一方のP Z T素子が伸びるのに対して、他方のP Z T素子が縮むように、両P Z T素子に対して電圧が印加される。その結果、バイモルフが全体的に特定の方向に変位するため、同バイモルフはアクチュエータとして利用される。

ところが、上記バイモルフにおいて、予め形成された個々のP Z T素子を使用する場合、その素子を後の工程で薄く形成することは難しい。従って、バイモルフの小型化が難しいという問題がある。また、P Z T素子は基材の表裏面にそれぞれ貼り付けるための工程に時間がかかるため、バイモルフの製造時間が長くなるという問題がある。

さらに、バイモルフは一体的に形成された1枚の板状をなすため、同バイモルフに外力が加わると所望の変位方向以外の方向に変位しやすい。この場合、バイモルフは正確に変位せず振じれた状態で変位するという問題がある。

発明の開示

本発明の目的は、大きな変位を得ることができるP Z T 薄膜バイモルフを備える平行板構造体を提供することにある。

本発明の別の目的は、大量生産および小型化に適し、かつ振じれ難いP Z T 薄膜バイモルフを備える平行板構造体を提供することにある。

本発明の更に別の目的は、生産性に優れたP Z T 薄膜バイモルフを備える平行板構造体の製造方法を提供することにある。

本発明のバイモルフを備える平行板構造体によると、チタン基材の第1及び第2の面に形成されたP Z T 薄膜が薄いため、バイモルフは小型化され、その結果、構造体全体としても小型化される。又、平行板構造体は、一对のバイモルフがスペーサを介して積層された2重構造をなすため、構造体は向上した剛性を有し、振じれに対して強い。

構造体を変位させる場合、各バイモルフの第1の面において、隣接する電極に対して互いに逆極性の電位が印加される。また、各バイモルフの第2の面において、隣接する電極に対して互いに逆極性の電位が印加される。この結果、分極方向に電界が印加されたP Z T 薄膜の部分は縮み、分極方向と反対方向に電界が印加されたP Z T 薄膜の部分は伸びる。

各バイモルフは、同様に電圧が印加されているため、同一方向に変位する。そして、各バイモルフの各面において隣接する電極には、互いに異なる極性の電圧が印加されるため、異なる極性の電圧が印加されたP Z T 薄膜は、互いに逆方向に変位する。この結果、隣接する電極に対応するP Z T 薄膜の部分は、逆方向に変位するため、構造体はS字又は逆S字状に湾曲して変位することになる。

図面の簡単な説明

図1 (a) は、本発明の一実施形態に従うP Z T 薄膜バイモルフを備える平行板構造体に対する電圧の印加方法を示す断面図。

図1 (b) は、図1 (a) の構造体に対する別の電圧の印加方法を示す断面図。

図 2 (a) は、構造体の変位状態を示す断面図。

図 2 (b) は、構造体の別の変位状態を示す断面図。

図 3 は、基材を示す断面図。

図 4 は、P Z T 薄膜にて被覆された基材を示す断面図。

図 5 は、電極膜が形成された基材を示す断面図。

図 6 は、電極膜をパターンニングして形成された圧電素子を示す断面図。

図 7 は、図 6 の圧電素子を示す斜視図。

図 8 は、平行板構造体の組付け方法を示す分解斜視図。

図 9 は、組み付けられた平行板構造体を示す斜視図。

図 10 は、図 9 の構造体を示す斜視図。

図 11 は、比較例のバイモルフを備える構造体を示す斜視図。

図 12 は、図 11 の構造体の変位した状態を示す断面図。

図 13 は、平行板作動モード時における構造体を示す概略図。

図 14 は、単純湾曲作動モード時における構造体を示す概略図。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施形態に従う P Z T 薄膜バイモルフを備える平行板構造体を図 1 乃至図 10 を参照して説明する。図面に示されている各部材の厚みは、説明の便宜上、実際のものより適宜拡大されている。

図 1 (a), (b) に示すように、平行板構造体 1 は、バイモルフからなる一対の平板状の圧電素子 2 と、同圧電素子 2 間に配置された角柱状の絶縁スペーサ 3 とからなる。スペーサ 3 は、構造体 1 の上下両端において圧電素子 2 を互いに接続し、圧電素子 2 間の短絡防止のために絶縁材料からなる。

各圧電素子 2 は、均一な厚みを有する平板状のチタン基材 4 と、同チタン基材 4 の両側面上に形成された P Z T 薄膜 5 と、各 P Z T 薄膜 5 上に形成された上下一対の電極膜 6 とを含む。各電極膜 6 は互いに絶縁され、一方の電極膜 6 は対応する P Z T 薄膜 5 の一端からほぼ中央部まで延び、他方の電極膜 6 は対応する P

Z T 薄膜 5 の他端からほぼ中央部まで延びる。また、各電極膜 6 は、対応する P Z T 薄膜 5 のほぼ半分の面積を有する。基材 4 は $20\ \mu\text{m}$ の厚みを有し、P Z T 薄膜 5 は数十 μm の厚みを有する。電極膜 6 はアルミニウムからなり、数 μm の厚みを有する。

構造体 1 をアクチュエータとして使用する場合、図 1 (a), (b) に示すように直流電源 B 1 ~ B 4 が構造体 1 に接続される。図 1 (a) において、P Z T 薄膜 5 の分極方向は矢印 α で示されている。電源 B 1, B 2 は直列に接続され、電源 B 1 のプラス端子は、各圧電素子 2 下部における左側の電極膜 6 に接続され、電源 B 2 のマイナス端子は、各圧電素子 2 下部における右側の電極膜 6 に接続され、電源 B 1, B 2 間の接続点はチタン基材 4 に接続されている。

一方、電源 B 3, B 4 は、電源 B 1, B 2 と同様に直列に接続されている。電源 B 4 のプラス端子は、図 1 (a) の各圧電素子 2 上部における右側の電極膜 6 に接続され、電源 B 3 のマイナス端子は各圧電素子 2 上部における左側の電極膜 6 に接続され、電源 B 3, B 4 間の接続点は基材 4 に接続されている。

電源 B 1, B 2 間の接続点のチタン基材 4 への接続と、電源 B 3, B 4 間の接続点のチタン基材 4 への接続とは、チタン基材 4 の両側の P Z T 薄膜 5 のそれぞれに、均一に電界を印加するためのものである。しかしながら、各 P Z T 薄膜 5 の膜厚が均一であれば、上記接続点を基材 4 に接続する必要はない。電源 B 1 ~ B 4 は同一の電圧を有し、その電圧は各電極膜 6 を介して P Z T 薄膜 5 に印加される。ここで、各圧電素子 2 の上側と下側には、互いに異なる極性の電圧が印加される。

構造体 1 の下端（基端）を台（図示しない）に固定した状態で、図 1 (a) に示すように構造体 1 に対して電圧を印加するとき、分極方向に電界が印加された P Z T 薄膜 5 の部分は分極方向に伸び、分極方向と直交する方向に縮む。これに対して、分極方向と反対方向に電界が印加された P Z T 薄膜 5 の部分は分極方向に縮み、分極方向と直交する方向に伸びる。この結果、図 2 (a) に示すように、構造体 1 は、下部が左側に湾曲し、上部が右側に湾曲するように変位する。以

下、P Z T 薄膜 5 の伸びる方向または縮む方向は、分極方向と直交する方向について述べる。

又、図 1 (a) とは逆極性の電圧を P Z T 薄膜 5 に印加した場合には、各圧電素子 2 の右側上部及び左側下部は伸び、各圧電素子 2 の左側上部および右側下部は縮む。この結果、図 2 (b) に示すように、構造体 1 は、下部が右側に湾曲し、上部が左側に湾曲するように変位する。

なお、図 2 (a) , (b) においては、電極膜 6 は省略されており、P Z T 薄膜 5 の圧縮された部分 5 a は左下がりのハッチングにて示し、伸びた部分 5 b は右下がりのハッチングにて示されている。

図 1 (b) において、P Z T 薄膜 5 の分極方向は矢印 β で示されている。同図に示すように、電源 B 5 のマイナス端子は基材 4 に接続され、電源 B 5 のプラス端子は各圧電素子 2 の下部両側の電極膜 6 に接続されている。電源 B 6 のマイナス端子は基材 4 に接続され、電源 B 6 のプラス端子は各圧電素子 2 の上部両側の電極膜 6 に接続されている。電源 B 5 により P Z T 薄膜 5 に対してプラス電位が印加されるとき、右側下部の P Z T 薄膜 5 は伸び、左側下部の P Z T 薄膜 5 は縮む (図 1 (b) においては、左側へ変形する)。これに対して、電源 B 6 により P Z T 薄膜 5 に対してマイナス電位が印加されるとき、右側上部の P Z T 薄膜は縮み、左側上部の P Z T 薄膜 5 は伸びる。従って、図 2 (a) に示すように構造体 1 は、下部が左側に湾曲し、上部が右側に湾曲するように変位する。この P Z T 薄膜 5 の分極方向 β である場合、図 1 (a) の電源 B 1 ~ B 4 の半分の電圧で、図 1 (a) と同じ量の変位が得られる。

又、図 1 (b) とは、逆極性の電圧を P Z T 薄膜 5 に印加する場合には、図 2 (b) に示すように、構造体 1 は、下部が右側に湾曲し、上部が左側に湾曲するように変位する。

次に、構造体 1 の製造方法を図 3 乃至図 10 を参照して説明する。

図 3 に示すように、チタンからなる母材 4 A が提供される。母材 4 A は均一な厚みを有し、かつ平板状をなす。母材 4 A は、上記構造体 1 の基材 4 の複数個分

の面積を有している。まず、母材 4 A は酸等でクリーニングされた後、母材 4 A の一端部（図 1 において、基端となる側）を合成樹脂、又はスパッタリングや真空蒸着等の物理的成膜法によりチタン以外の金属にて被覆してマスク M が形成される。

次に、図 4 に示すように、母材 4 A の両面に水熱法を用いて P Z T 薄膜 5 が形成される。この水熱法は以下の 2 つの段階からなっている。

（第 1 段階）

母材 4 A、原材料であるオキシ塩化ジルコニウム ($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$) と硝酸鉛 ($Pb(NO_3)_2$) との水溶液、及び鉍化剤としての KOH (8 N) 溶液がテフロン瓶（図示しない）に投入されて攪拌される。なお、P Z T 薄膜 5 の圧電性は、P Z T 薄膜 5 におけるチタン酸鉛およびジルコン酸鉛の構成組成比によって決まるため、後にできあがる P Z T 薄膜 5 の圧電性に応じてオキシ塩化ジルコニウムと硝酸鉛とのモル比が決められる。

次に、圧力容器（図示しない）内において、母材 4 A を上方に配置した状態で、オキシ塩化ジルコニウム ($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$)、硝酸鉛 ($Pb(NO_3)_2$) の水溶液、及び KOH (8 N) 溶液が混合され、300 rpm の速度で攪拌しながら、その混合液が加熱および加圧される。ここでいう加圧とは、加熱された溶液の蒸気圧による加圧のことである。温度条件は 150℃で、48 時間にわたってこの処理が継続して行われる。この結果、過飽和状態で、母材 4 A の両側面に P Z T の種結晶（結晶核）が形成される。種結晶が形成された後、母材 4 A は圧力容器から取り出され、水洗および乾燥される。

（第 2 段階）

次に、種結晶を有する母材 4 A、原材料としてのオキシ塩化ジルコニウム ($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$) と硝酸鉛 ($Pb(NO_3)_2$) との水溶液、四塩化チタン ($TiCl_4$) 及び鉍化剤としての KOH (4 N) 溶液がテフロン瓶（図示しない）に投入されて攪拌される。ここでも、オキシ塩化ジルコニウムと硝酸鉛とのモル比は、P Z T の圧電性に応じて決められる。

次に、圧力容器（図示しない）内において、母材 4 A を上方に配置した状態で、オキシ塩化ジルコニウム（ $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ ）と硝酸鉛（ $Pb(NO_3)_2$ ）との水溶液、四塩化チタン（ $TiCl_4$ ）及び KOH（4N）溶液が混合され、300 rpm の速度で攪拌しながら、加熱および加圧される。ここでいう加圧とは、加熱された混合液の蒸気圧による加圧のことである。この処理は、120℃の温度で、48 時間にわたって継続される。この結果、過飽和状態で、母材 4 A の両側面に所定の厚み（この実施形態では数十 μm ）を有する PZT 薄膜 5 が形成される（図 4 参照）。PZT 薄膜 5 の形成後、母材 4 A は圧力容器から取り出され、水洗および乾燥される。この後、マスク M が除去される。

次に、図 5 に示すように、スパッタリングや真空蒸着等の物理的成膜法により、PZT 薄膜 5 を含む、母材 4 A の両側面に電極膜 6 A が形成される。図 6 及び図 7 に示すように、母材 4 A から複数個分（この実施形態では 3 個分）の圧電素子 2 を取れるように、パターニングにより電極膜 6 A の不要な部分が除去される。この結果、この実施形態では、図 7 に示すように母材 4 A の両側面の PZT 薄膜 5 上に複数の電極膜 6 がそれぞれ矢印「A」で示す方向に沿って 3 列に並ぶように設けられる。各列は、2 個の同一面積を有する同一形状の電極膜 6 から構成される。図 7 において、チタン基材 4 の両側面に設けられた各電極膜 6 は、それぞれ母材 4 A を挟んで相対するように配置される。

図 8 に示すように、母材 4 A の不要部分は除去される。続いて、PZT 薄膜 5 および電極膜 6 を備えた一对の母材 4 A が互いに相対させ、その両母材 4 A 間には、合成樹脂からなる角柱状の絶縁スペーサ 3 が配置される。

図 9 に示すように、各母材 4 A およびスペーサ 3 は、硬化後に剛性の高くなる接着剤にて固定されることより、平行板構造体 1 A となる。この構造体 1 A は、単一の構造体が互いに連結された構成となっている。

次に、構造体 1 A は、電極膜 6 の列間に位置する点線に沿って切断され、図 10 に示すように単一の平行板構造体 1 に分離される。この切断は、放電加工、或いはレーザカットにて行われる。

上述したように、この実施形態の構造体 1 では、圧電素子 2 の上部および下部に対して互いに極性の異なる電圧を印加することにより、構造体 1 は図 2 (a)、又は図 2 (b) に示すように変位する。この変位モードを以下、平行板作動モードという。

図 1 1 は、比較例としてバイモルフを備える平行板構造体 2 1 を示している。同図において、本実施形態の構造体 1 と同一の構成については、同一符号が付されている。

比較例の構造体 2 1 は、チタン基材 4 の各側面に、単一の電極膜 2 6 が形成されている点で本実施形態の構造体 1 と異なる。電源 B 1, B 2 は、構造体 2 1 に対してそれぞれ直列に接続されている。電源 B 1 のプラス端子は、各圧電素子 2 の左側面の電極膜 2 6 に接続され、電源 B 2 のマイナス端子は各圧電素子 2 の右側面の電極膜 6 に接続され、電源 B 1, B 2 間の接続点はチタン基材 4 に接続されている。なお、この比較例では、P Z T 薄膜 5 の分極方向は、図 1 (a) と同様とする。

構造体 2 1 の下端を台（図示しない）に固定した状態で、図 1 1 に示すように電圧を印加するとき、分極方向に電界が印加された P Z T 薄膜 5 の部分は縮み、分極方向と反対方向に電界が印加された P Z T 薄膜 5 の部分は伸びる。従って、構造体 2 1 は図 1 1 の左方へ変位する。

これに対して、図 1 1 とは逆極性の電圧を各圧電素子 2 に印加するとき、各圧電素子 2 の右側の P Z T 薄膜 5 は縮み、各圧電素子 2 の左側の P Z T 薄膜 5 は伸びる。従って、構造体 2 1 は図 1 2 示すように右方へ変位する。図 1 2 において、比較例の電極膜 2 6 は省略されている。ここで、P Z T 薄膜 5 の縮んだ部分 5 は左下がりのハッチングにて示され、伸びた部分は右下がりのハッチングにて示されている。

構造体 1 および構造体 2 1 に対して同じ電圧を印加する場合、構造体 1 の変位量は、構造体 2 1 のそれよりも大きい。その理由を図 1 3 及び図 1 4 を参照して説明する。図 1 3 は本実施形態の構造体 1 の変位を示し、図 1 4 は比較例の構造

体 2 1 の変位を示す。

図 1 4 において、自由端側の絶縁スペーサ 3 が無かった時の電圧印加時の変位を a とする。これに対し、絶縁スペーサ 3 を取付けると、圧電素子 2 の変位が絶縁スペーサ 3 により妨げられ、その変位は c ($c < a$) となる。図 1 3 においては、電極が 2 分割されているため、固定側の圧電素子 2 における変位は $a/2$ となり、さらに自由端側の圧電素子 2 は固定側の圧電素子と同様の変位をするため、その変位は $a/2$ となり、構造体 1 の全体の変位は a となる。従って、本実施形態の構造体 1 の方が変位量が大きい。

本実施形態では、P Z T 薄膜 5 は数十 μm と薄く形成しているため、圧電素子 2 の小型化、ひいては構造体 1 の小型化が図られる。

本実施形態の構造体 1 は、一対のバイモルフからなる圧電素子 2 がスペーサ 3 を介して積層された平行板構造であるため、振じれに対する強度が向上している。

本実施形態の構造体 1 の製造方法によれば、水熱法により、一度に複数個の基材 4 に対して P Z T 薄膜 5 及び電極膜 6 が形成されるため、均一な品質を有する構造体 1 を効率的に生産される。スペーサを使用したバイモルフの固着は、構造体 1 の形成を容易とする。

本発明の実施形態は、次のように変更されてもよい。

圧電素子 2 間の絶縁性が確保されていれば、絶縁スペーサ 3 に代えて金属などの非絶縁性のスペーサが使用されてもよい。この場合、圧電素子 2 に対する固着は溶接等の他の手段により行われる。また、電極膜 6 はアルミニウムに代えて、Au (金) のような他の金属にて形成されてもよい。

電極膜 6、P Z T 薄膜 5、および基材 4 の厚みは上記数値に限定されるものではなく、適宜に変更されてもよい。

上記実施形態では、1 つの母材 4 A から採られるバイモルフは 3 個であるが、2 個以下或いは 4 個以上のバイモルフが 1 つの母材 4 A から形成されてもよい。

請求の範囲

1. 互いに平行に配置された一対のバイモルフ（２）と、前記バイモルフ（２）を互いに連結するためのスペーサ（３）とを備える平行板構造体であって、
各バイモルフ（２）は、
チタン基材（４）と、
同チタン基材（４）は第１の面と、同第１の面と反対側に位置する第２の面とを有することと、
各第１及び第２の面上に形成されたＰＺＴ薄膜（５）とを備え、
前記平行板構造体は、各ＰＺＴ薄膜（５）上に形成され、同一の方向に沿って延び、互いに離間された複数の電極（６）を備えることを特徴とする。
2. 請求項１に記載の平行板構造体において、各第１及び第２の面上の電極（６）の数は第１および第２の電極（６）を含む２個であることを特徴とする。
3. 請求項２に記載の平行板構造体において、前記第１の電極（６）は対応するＰＺＴ薄膜（５）の一端からほぼ中央部まで延び、前記第２の電極（６）は対応するＰＺＴ薄膜（５）の他端からほぼ中央部まで延びることを特徴とする。
4. 請求項１～３の何れか１項に記載の平行板構造体において、前記ＰＺＴ薄膜（５）は、水熱法を用いて形成されていることを特徴とする。
5. 請求項１～３の何れか１項に記載の平行板構造体において、前記スペーサ（３）は前記バイモルフ（２）の一端に設けられ、同バイモルフ（２）の他端に設けられるスペーサ（３）を更に備え、両スペーサ（３）は絶縁体であることを特徴とする。

6. 平行板構造体の製造方法は、

チタン基材（４）を提供する工程と、

水熱法により、チタン基材（４）の第１の面と、第１の面の反対側に位置する第２の面とにP Z T薄膜（５）を形成する工程と、

各P Z T薄膜（５）上に複数の電極（６）を同一の方向に沿って並ぶように形成することによりバイモルフ（２）を得る工程と、

一対のバイモルフ（２）を互いに平行に相對させ、両バイモルフ（２）をスペーサ（３）により固定する工程とを備えることを特徴とする。

7. 請求項6に記載の方法において、バイモルフ（２）を得る工程は、各P Z T薄膜（５）上に同一方向に延びる複数の列の電極（６）を形成した後に、各列間を切断する工程を含むことを特徴とする。

8. 請求項6又は7に記載の方法において、水熱法は、

チタン基材（４）の第１及び第２の面上に種結晶を形成する工程と、

チタン基材（４）の第１及び第２の面上にP Z Tの結晶を成長させる工程とを含むことを特徴とする。

9. 請求項8に記載の方法において、種結晶形成工程は、硝酸鉛溶液、およびオキシ塩化ジルコニウムを鉍化剤とともに混合し、攪拌しながら加圧及び加熱することを含む。

10. 請求項8に記載の方法において、結晶成長工程は、硝酸鉛溶液、およびオキシ塩化ジルコニウムを鉍化剤とともに混合し、攪拌しながら加圧及び加熱する工程を含むことを特徴とする。

11. 請求項9又は10に記載の方法において、前記加圧は、加熱された混合液

の蒸気圧によって行われることを特徴とする。

12. 請求項6～11の何れか1項に記載の方法において、PZT薄膜(5)を形成する工程の前に、チタン基材(4)の所定部分にマスクを予め施すことを特徴とする。

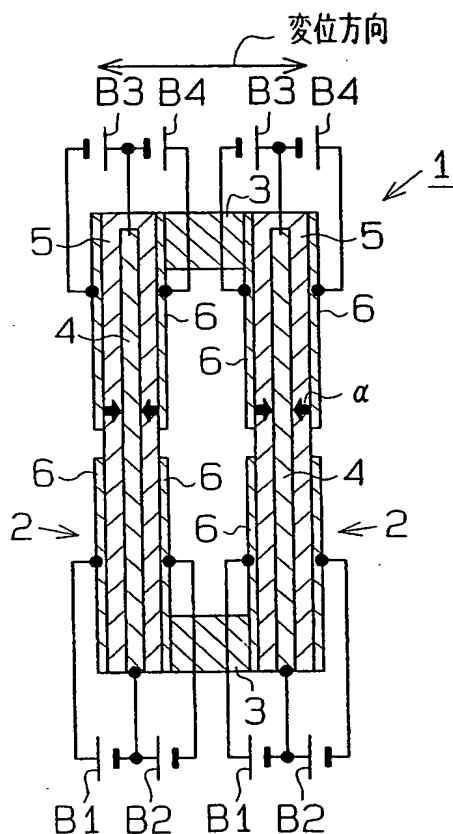
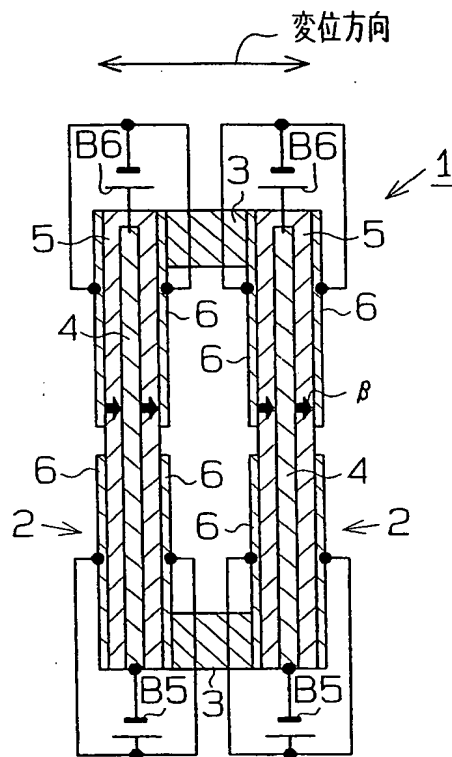
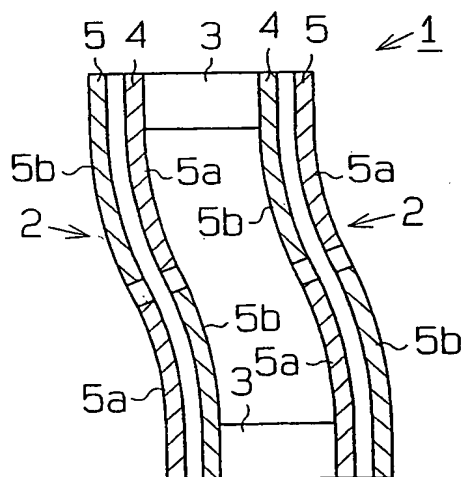
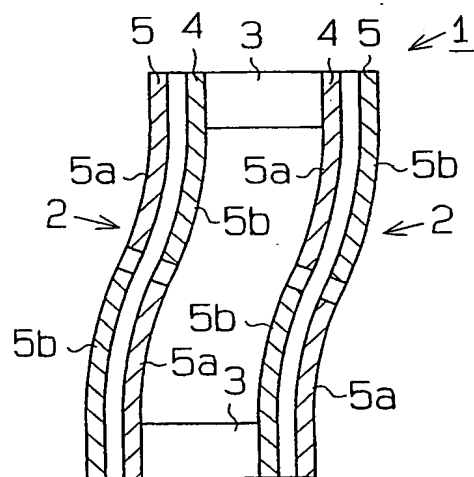
Fig.1 (a)**Fig.1 (b)****Fig.2 (a)****Fig.2 (b)**

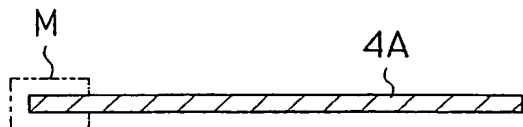
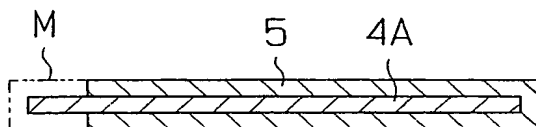
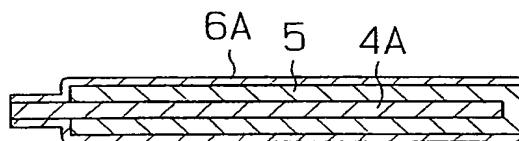
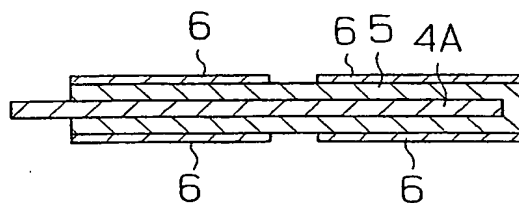
Fig.3**Fig.4****Fig.5****Fig.6**

Fig.7

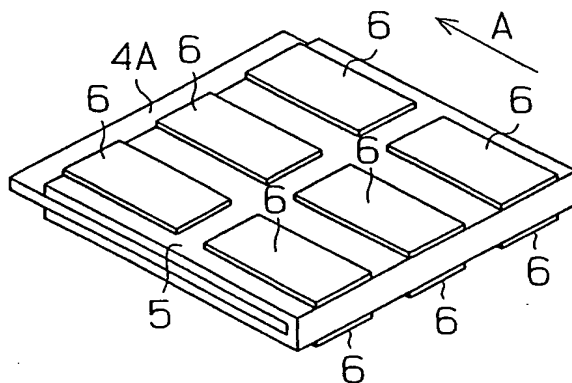


Fig.8

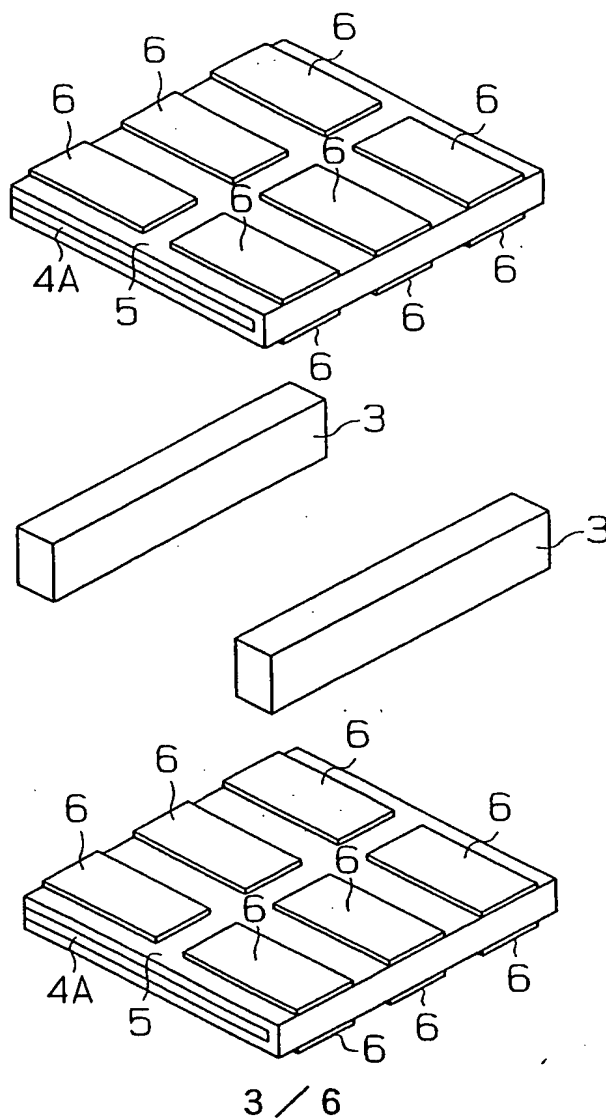


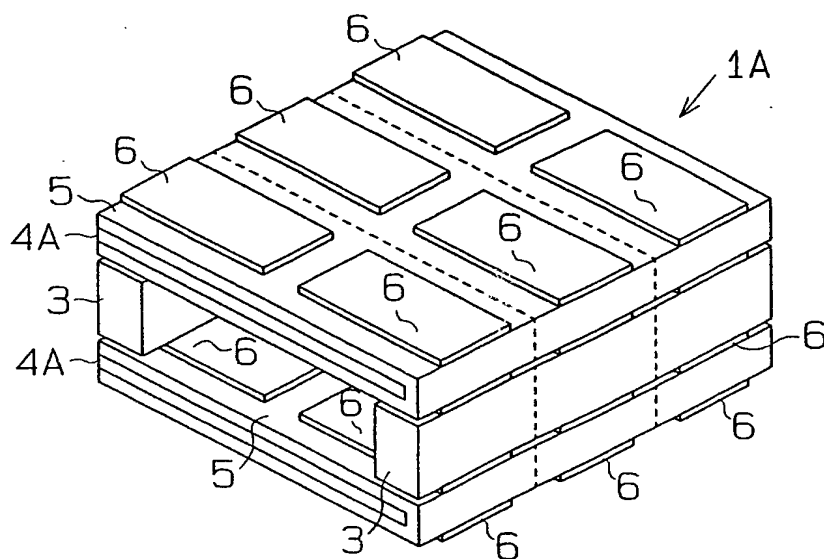
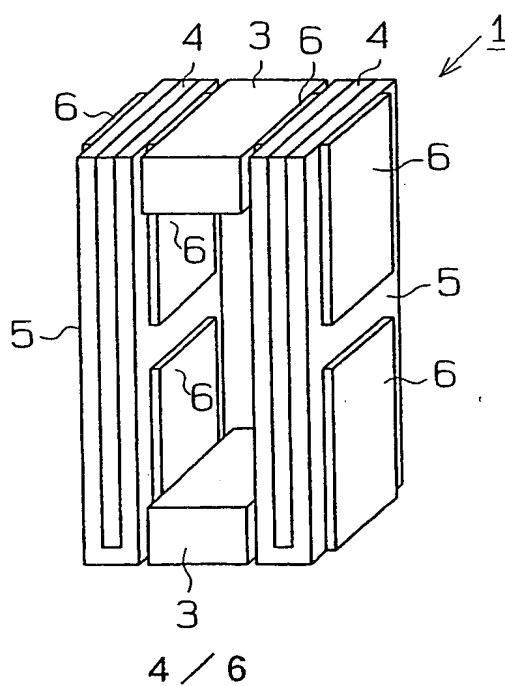
Fig.9**Fig.10**

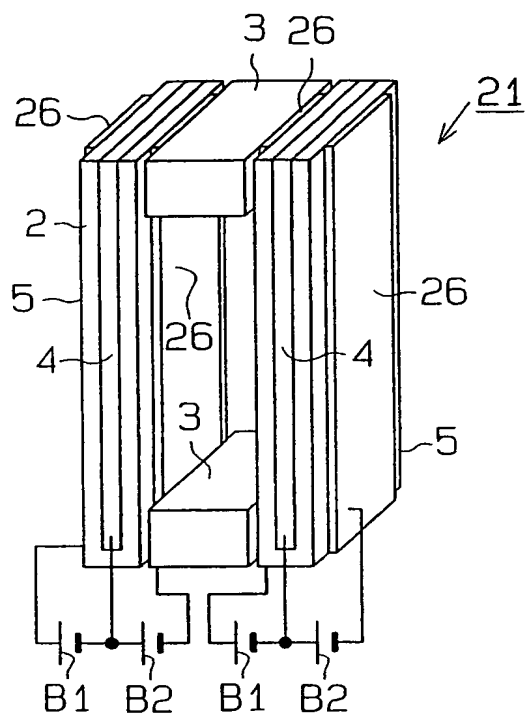
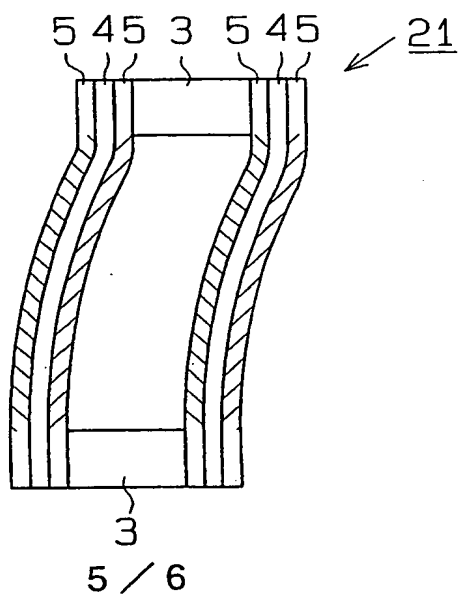
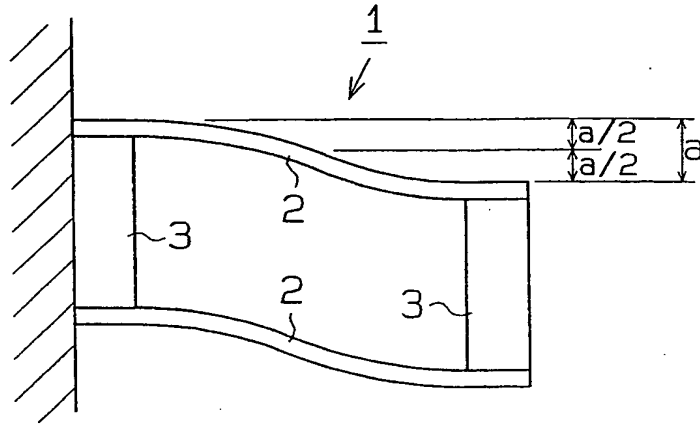
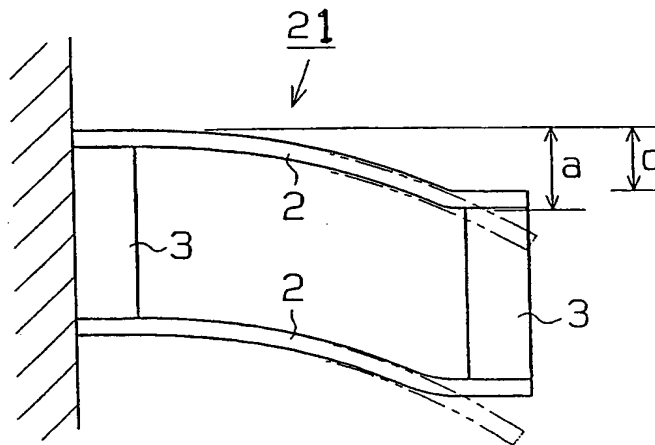
Fig.11**Fig.12**

Fig.13**Fig.14**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/02991

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁶ H01L41/09, 41/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁶ H01L41/09, 41/24Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1998 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 59-229733, A (Sharp Corp.), 24 December, 1984 (24. 12. 84) (Family: none)	1-12
Y	JP, 59-111060, Y2 (Tokin Corp.), 26 July, 1984 (26. 07. 84) (Family: none)	1-12
Y	JP, 62-146426, A (Asahi Optical Co., Ltd.), 30 June, 1987 (30. 06. 87) (Family: none)	1-12
Y	JP, 04-65470, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 8 June, 1992 (08. 06. 92) (Family: none)	1-12
Y	JP, 05-259525, A (Ube Industries, Ltd.), 8 October, 1993 (08. 10. 93) (Family: none)	1-12
Y	JP, 08-293631, A (Tokin Corp.), 5 November, 1996 (05. 11. 96) (Family: none)	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
13 October, 1998 (13. 10. 98)Date of mailing of the international search report
20 October, 1998 (20. 10. 98)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl⁴ H 01 L 41/09, 41/24

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl⁴ H 01 L 41/09, 41/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1998年
 日本国公開実用新案公報 1971-1998年
 日本国登録実用新案公報 1994-1998年
 日本国実用新案登録公報 1996-1998年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 59-229733, A (シャープ株式会社) 24. 12 月. 1984 (24. 12. 84) (ファミリー無し)	1~12
Y	J P, 59-111060, Y2 (株式会社トーキン) 26. 07 月. 1984 (26. 07. 84) (ファミリー無し)	1~12
Y	J P, 62-146426, A (旭光学工業株式会社) 30. 06 月. 1987 (30. 06. 87) (ファミリー無し)	1~12
Y	J P, 04-65470, A (松下電器産業株式会社) 08. 06 月. 1992 (08. 06. 92) (ファミリー無し)	1~12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 10. 98

国際調査報告の発送日

20.10.98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井原 純

4M

9354

電話番号 03-3581-1101 内線 3464

様式PCT/ISA/210 (第2ページ) (1992年7月)

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 05-259525, A (宇部興産株式会社) 08. 10 月. 1993 (08. 10. 93) (ファミリー無し)	1~12
Y	J P, 08-293631, A (株式会社トーキン) 05. 11 月. 1996 (05. 11. 96) (ファミリー無し)	1~12

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1992年7月)